

1. はじめに 河村・中谷らは常・射流混在流れに対してTVD-MacCormac法を適用し、高い成果を上げつつある。筆者は前報¹⁾において同手法を1次元ダムブレイク問題に適用し、計算結果と解析解の比較を行った。その後、2次元計算を行ったので結果を報告する。

2. 数値計算法

- ① 支配方程式 浅水理論に基づき、支配方程式をFig1の(1)～(6)で与える。
 ② スキーム TVD-MacCormac法²⁾によるスキームはFig1の(11)～(18)で与えられる。
 ③ 時間積分 時間方向の積分は2次の精度の時間分割法⁵⁾で行う。 U^* を1ステップ後の水理量（水位、流速）とすると、 U^* は次の式で与えられる。

$$U^* = L_x(0.5 \Delta t) L_y(\Delta t) L_x(0.5 \Delta t) \quad \text{ここに、} L_x, L_y \text{は Fig1の(7)～(8)に対応する演算子。}$$

- ④ 境界条件 壁面において流速とTVD粘性項を零としている。

3. 計算条件 上記の手法により2次元のダムブレイクシミュレーションを行う。上流水位10m、下流水位5mの貯水池においてダムの一部が決壊すると仮定する（Fig.2）。計算条件を Table.1 に示す。

4. 計算結果 ダムブレイク後0.5, 10秒後の水位の鳥瞰図をFig.3に示す。またダムブレイク5秒後における水位、流速の分布を Fig.4, 5 に示す。TVD方式の採用により水位、流速の急変点がスムーズに計算されている。

5. おわりに TVD-MacCormac法を2次元ダムブレイク問題に適用したところ、計算結果は良好であった。今後はボアなどの計算に取り組む予定である。

<i>Shallow water equations for 2-D flow</i> $\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} = S \quad (1)$ $U = (u, uv, v) \quad (2)$ $E = (uh, u^2h + \frac{gh^2}{2} - \epsilon \frac{\partial hu}{\partial x} + ghz, uvh - \epsilon \frac{\partial hv}{\partial x})^T \quad (3)$ $G = (vh, uvh - \epsilon \frac{\partial hu}{\partial y}, v^2h + \frac{gh^2}{2} - \epsilon \frac{\partial hv}{\partial y} + ghz)^T \quad (4)$ $S = (0, S_p, S_b) \quad (5)$ $S_p = -g \frac{un^2 \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}, S_b = -g \frac{vn^2 \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (6)$ <i>Time-split scheme</i> $\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial E}{\partial x} = D^x \quad (7)$ $\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} = D^y \quad (8)$ $D^x = (0, -g \frac{un^2 \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}, 0) \quad (9)$ $D^y = (0, 0, -g \frac{vn^2 \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}) \quad (10)$	<i>TVD-MacCormac scheme</i> <i>predictor step;</i> $\bar{U}_i^* = U_i^* - \frac{\Delta t}{\Delta x} (F_i^* - F_{i-1}^*) + \Delta t D_i^* \quad (11)$ <i>corrector step;</i> $U_i^{*+1} = \frac{1}{2} (U_i^* + \bar{U}_i^*) - \frac{\Delta t}{2\Delta x} (\bar{F}_{i+1} - \bar{F}_i) + \frac{\Delta t}{2} \bar{D}_i + TVD_i \quad (12)$ $\bar{F}_i = F(\bar{U}_i), \bar{D}_i = D(\bar{U}_i) \quad (13)$ $TVD_i = \left\{ G^*[r_i^*] + G^*[r_{i-1}^*] \right\} \Delta U_{i-1/2}^* - \left\{ G^*[r_{i-1}^*] + G^*[r_i^*] \right\} \Delta U_{i-1/2}^* \quad (14)$ $\Delta U_{i-1/2}^* = U_{i+1}^* - U_i^*, r_i^* = 1/r_i^* = \frac{\Delta U_{i-1/2}^*}{\Delta U_{i+1/2}^*} \quad (15)$ $G^*[r_i^*] = \frac{ v }{2} (1 - v) [1 - \phi(r_i^*)] \quad (16)$ $v = \max \left\{ U_i + \sqrt{gh_i}, \frac{\Delta t}{\Delta x} \right\} \quad (17)$ $\phi(r_i^*) = \begin{cases} \min(2r_i, 1), & r_i > 0 \\ 0, & r_i \leq 0 \end{cases} \quad (18)$
where h : water depth u, v : depth-averaged velocity components along the x, and y directions respectively g : acceleration of the gravity ϵ : eddy viscosity	z : elevation of the bottom n : Manning's roughness coefficient L_x, L_y : operators in x^*, and y^* directions of TVD-MacCormac scheme respectively F_i : E_i, and G_i for L_x, L_y operators respectively ϕ : flux limiter

Fig.1 Equations

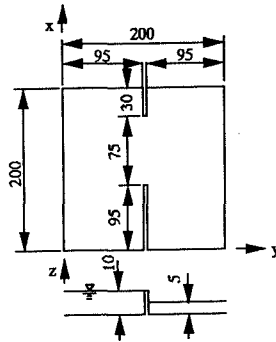


Fig.2. Definition schech(■)

Table 1. Condition

grid sizes	; $\Delta x = \Delta y = 5m$
computational time step	; $\Delta t = 0.1sec$
eddy viscosity	; $\epsilon = 0.0$
Manning's roughness coefficient	; $n = 0.0$
upstream depth	; $h_0 = 10m$
downsteram depth	; $h_1 = 5m$

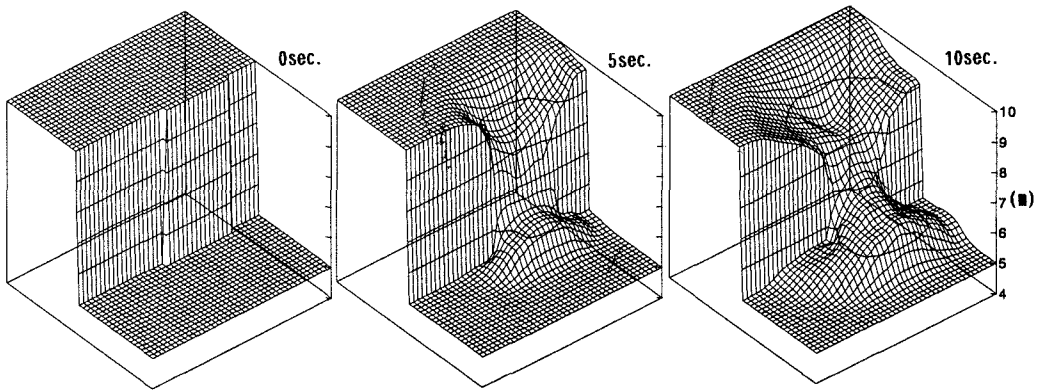


Fig.3 Water surface profiles after partial breaking of dam

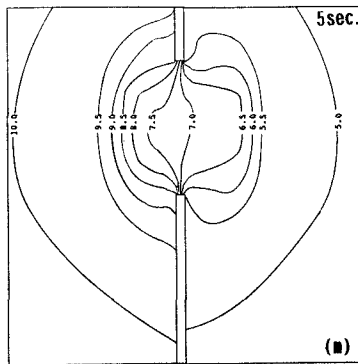


Fig.4 Conter plot showing depth distribution

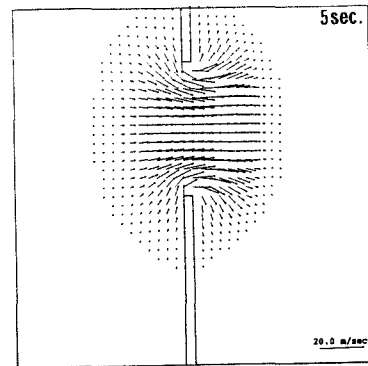


Fig.5 Velocity field

参考文献

- 1) 千田健一: TVD-MacCormack法による1次元ダムブレイクシミュレーション、土木学会東北支部技術研究発表会、1994、pp98-99
- 2) 河村三郎、中谷剛ら: 常流・射流の混在する流れの数値計算法関する研究、土木学会第47回学術講演会、1992、pp626-627
- 3) ROBELT J. FENNEMA, M.NANIF CHAUDHRY : Simyulation of one-dimensional dam-break flow ; JHR,vol.25,1987,No.1, pp41-51.
- 4) P.GARACIA-NAVARRO,F.ALCORUDO : A TVD SCHEME IN FINITE VOLUMES FOR THE SIMULATION OF 2-D DISCONTINUOUS FLOWS PROCEEDINGS OF XXV IAHR CONGRESS VOL.1 1993 ,PP1-8.
- 5) 日本機械学会編: 流れの数値シミュレーション、pp117-118, コロナ社、1988.